

SVEUČILIŠTE U RIJECI
FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI
ODSJEK ZA POLITEHNIKU

Primjena 5E modela učenja i nastave u inženjerskom obrazovanju
Završni rad

Student: Marina Ljubenov

Rijeka, 2017.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
FILOZOFSKI FAKULTET U RIJECI
ODSJEK ZA POLITEHNIKU

Student: Marina Ljubenov

Matični broj: 0009066481

Primjena 5E modela učenja i nastave u inženjerskom obrazovanju
Završni rad

Mentor završnog rada: Dr.sc.Damir Purković

Rijeka, rujan 2017.

Sveučilište u Rijeci

Filozofski fakultet

ODSJED ZA POLITEHIKU

Povjerenstvo za završne i diplomske radove

U Rijeci, 30. studenoga 2016. godine

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Marina Ljubenov

Naziv zadatka: Primjena 5E modela učenja i nastave u inženjerskom obrazovanju

Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:

Pristupnik se pri realizaciji zadatka treba upoznati s 5E modelom učenja i poučavanja te istražiti teorijska polazišta i primjere dobre prakse primjene ovog modela. Ujedno treba istražiti mogućnosti primjene 5E modela u inženjerskom obrazovanju, s obzirom na glavne ciljeve i svrhovitost takvog obrazovanja. U daljnjem tijeku treba razraditi vlastita polazišta i koncept primjene 5E modela u obrazovanju inženjera te iznijeti prednosti i eventualne probleme za implementaciju vlastitog rješenja. Vlastito rješenje treba elaborirati i predstaviti sa stajališta svrhovitosti, učinkovitosti i izvedivosti u aktualnom visokoškolskom okruženju.

U završnom se radu obavezno treba pridržavati **Uputa o završnom radu**

Zadatak uručen pristupniku: 30. studenog 2016.

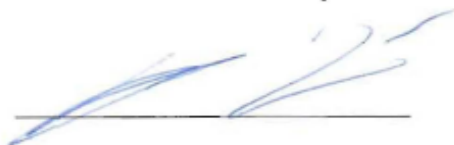
Rok predaje završnog rada: 14. rujna 2017.

Datum predaje završnog rada: 13. rujna 2017.

Predsjednik povjerenstva:
Doc. dr. sc. Tomislav Senčić, dipl. ing.



Mentor:
Dr. sc. Damir Purković, prof.



IZJAVA

kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom Primjena 5E modela učenja i nastave u inženjerskom obrazovanju izradila samostalno, koristeći vlastito znanje, literaturu i izvore s Interneta, koju sam samostalno prevela s engleskog jezika. U radu sam koristila isključivo literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tude spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno navela u radu sam citirala. Rad je pisan u duhu hrvatskog jezika. U radu mi je izuzetno pomogao mentor završnog rada, prof. Damir Purković i stoga mu neizmjereno zahvaljujem.

Suglasna sam s objavom završnog rada u repozitorij završnih radova.

Studentica:
Marina Ljubenov

SAŽETAK

Tema završnog rada je „Primjena 5E modela učenja u nastavi i inženjerskom obrazovanju“. Svake godine okolnosti se mijenjaju, društvena zajednica se mijenja pa se i obrazovanje mijenja, stoga treba biti u toku s istim. Naime, u 21. stoljeću obrazovanje bi trebalo neprestano napredovati, no u nekim državama je obrazovni sustav zastario i u njima se teško prilagođava program učenja kakav je u nekim naprednijim državama. Taj problem nije lako riješiti. Da bi se taj problem riješio i u našoj državi, moraju se uvesti nove metode i strategije koje odgovaraju trenutnim okolnostima obrazovanja. Moramo omogućiti mladima, „na kojima svijet ostaje“, bolje obrazovanje, da budu što uspješniji i spremni za život. Moraju se uvesti novi načini učenja i poučavanja na metodičkoj razini, stoga treba ukinuti tradicionalni način poučavanja u kojem profesor priča, a učenici slušaju i zapisuju. Glavni problem je kako uspješno obrazovati inženjere kako bi se kasnije mogli nositi s promjenama okolnosti. Moraju biti u poziciji da se znaju ponašati kad nastupaju ikakve promjene. Inženjeri se ne bi trebali poučavati na tradicionalan način. Zato je jedno od rješenja 5E model učenja koji pruža efektivno učenje i razvijanje praktičnih vještina. Za početak, studente bi trebalo zainteresirati za nastavno gradivo, pokušati kroz svu tehnologiju koja nam se pruža u ovom stoljeću što bolje prezentirati nastavno gradivo, uključujući skice, sheme, video zapise, projekte i prezentacije te ih uz to usmjeriti na to da primjenjuju prethodno znanje na novo te tako dolaze do novih spoznaja.

Ključne riječi: inženjersko obrazovanje, 5E model, visokoškolsko obrazovanje, osposobljavanje, praktične vještine.

SUMMARY

The theme of the final work is "Applying 5E Models of Learning in Teaching and Engineering Education". Each year the circumstances change, the social community is changing and education is therefore changing, so it needs to be the same with the same. In the 21st century, education should continue to grow, but in some countries, the education system is outdated and difficult to adapt to a learning program as it is in some more advanced countries. This problem is not easy to solve. In order to solve this problem in our country, new methods and strategies must be introduced to suit the current circumstances of education. We must enable young people, "the world to remain", better education, to be as successful and ready to live. New ways of learning and teaching need to be introduced, that's why the traditional teaching method in which the professor talks, and the students listen and write should be abolished. The main problem is how to successfully train engineers in order to deal with the changes of circumstances later on. They must be in a position to know how to behave when any changes occur. Engineers should not be taught in the traditional way. That is why it is one of the 5E learning model that provides effective learning and the development of practical skills. To begin with, students should be interested in teaching materials, try through all the technology that is provided in this century to better present teaching content, including sketches, schemas, videos, projects and presentations.

Keywords: engineering education, 5E model, higher education, professional training, professional skills.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Inženjerstvo.....	2
2.1. Načini učenja u obrazovanju inženjera.....	3
3. Povijest 5E modela učenja.....	6
3.1. Vještine 21.stoljeća.....	7
3.2. Nastanak BSCS modela iz SCIS modela.....	9
4. Razrada modela.....	11
4.1. Angažiraj se, uključi se, kreni.....	11
4.2. Istraži.....	13
4.3. Objasni.....	14
4.4. Izradi (dodatno pojasni).....	15
4.5. Ocijeni, procijeni.....	16
4.6. Tablična razrada instrukcijskog modela.....	17
4.7. Primjer korištenja 5E modela u obrazovanju.....	21
5. Koncept primjene 5E modela u poučavanju inženjera.....	23
6. Koncept primjene 5E modela na visokoškolskom studiju.....	26
7. Zaključak.....	28
8. Literatura.....	29

1. UVOD

Problem cjelokupnog inženjerskog obrazovanja prvenstveno na studijima visokoškolskih institucijama. Problem su metode i strategije kojima se inženjeri obrazuju. Njih treba obrazovati tako da nakon obrazovanja budu spremni nositi se s trenutnim i mogućim promjenama okolnosti. Inženjersko obrazovanje je važno jer je potražnja za inženjerima velika. Potrebno je primjenjivati uspješnije modele učenja i poučavanja, kao što je 5E model. Obrazovanje inženjera bi trebalo biti najzanimljivije obrazovanje koje obuhvaća razne načine učenja i poučavanja, osvrćući se najviše na praktični dio.

Stoga je u ovome završnome radu tema usmjerena na primjenu 5E modela učenja i nastave u inženjerskom obrazovanju. Da bi studenti koji žele postati inženjeri, moraju biti sposobni rješavati probleme samostalno i u novim situacijama te biti kreativni. Profesor treba znati uputiti te studente kako rješavati probleme i kad ih to nauči, može reći da je uspješan profesor. U obrazovanju inženjera treba koristiti nastavni plan i program koji razvija inovativnost i kreativnost studenta. Za sve učenike i studente potrebno je uvoditi nove, uspješnije modele učenja i poučavanja. Zato jer kako tehnologija napreduje, tako i učenici i studenti žele biti u toku s istom. Naročito to žele ondje gdje se obrazuju, u školi ili na fakultetu. Suprotno tome im je dosadno i dobivamo pasivne učenike/studente koji ne znaju primjenjivati stečeno teorijsko znanje u praksi i zato se teško zapošljavaju. Postoji jedno, već spomenuto, rješenje, a to je primjena 5E modela koji se uspješno koristi u obrazovanju inženjera. Cilj je kroz pet etapa detaljno naučiti nastavno gradivo kroz što praktičniji i što zanimljiviji način. 5E model učenja je model koji je strukturiran u pet etapa koji se može učinkovito koristiti u poučavanju znanosti i tehnike, što je i područje inženjera. Model je prvobitno konstruiran kao model u kojem studenti/učenici izgrađuju ili konstruiraju nove ideje na temelju prethodnih ideja i znanja. Tih pet etapa su: angažirati (eng. *engage*), istražiti (eng. *explore*), objasniti (eng. *explain*), izraditi, to jest dodatno objasniti (eng. *elaboration*), te na kraju ocijeniti, to jest procijeniti (eng. *evaluation*).

2. INŽENJERSTVO

Inženjerstvo je korištenje znanosti i tehnike za potrebe čovječanstva, naročito u gospodarstvu pri čemu se prilikom osmišljavanja novih proizvoda, sustava i postupaka upotrebljavaju znanje i iskustvo (prema: Wikipedia). Inženjeri su osobe koje su obrazovane za poslove inženjerstva, a sam naziv inženjer potječe od latinske riječi *ingenium*, što znači „urođena kvaliteta“. Inženjeri moraju imati znanja i iskustva za razvijanje novih proizvoda ili tehnologije pri čemu trebaju biti inovativni, kreativni i uz sve naučeno se trebaju permanentno usavršavati i učiti. Oni su najčešće odgovorni za realizaciju različitih operacija i postupaka u proizvodnji, odnosno, upravljaju njome. Za razvoj društva, inženjerstvo je izuzetno bitno jer države koje nemaju razvijeno inženjerstvo i slabo se razvijaju nisu „plodne zemlje“ u kojem bi inženjeri mogli raditi, projektirati i proizvoditi, što bitno utječe na društveni brutoproizvod i ekonomsko blagostanje. Kako bi se inženjeri što bolje obrazovali, potrebno je stalno uvoditi nove i naprednije načine poučavanja. Zastarjeli načini poučavanja inženjere unazađuje, a to se negativno odražava i na cjelokupno gospodarstvo. Zato treba uvoditi kvalitetne, nove modele učenja i razvijati inženjerske vještine da kada završe svoje obrazovanje budu pripremljeni za posao i da mogu napredovati i graditi svoju karijeru.

Inženjerstvo obuhvaća širok spektar područja. Neke od glavnih grana su:

- kemijsko inženjerstvo - uporaba kemijskih zakonitosti za velik broj kemijskih procesa i nastanak novih materijala i goriva
- električno inženjerstvo - dizajniranje električnih proizvoda i sustava
- mehaničko inženjerstvo - osmišljavanje mehaničkih proizvoda i sustava poput motora i strojeva
- civilno inženjerstvo - izgradnja javnih i privatnih dobara poput cesta, mostova, telekomunikacija, vodovoda, željeznice itd.
- vojno inženjerstvo - izrada oružja i vojne tehnike
- biološko inženjerstvo - procesi i tehnologije u poljoprivredi, šumarstvu, proizvodnji hrane i sl.
- inženjerstvo materijala - istraživanje mikroskopskih i makroskopskih materijala
- aeronautičko inženjerstvo - izrada zrakoplova i svemirskih letjelica

Razvojem znanosti i tehnologije pojavile su se nove grane inženjerstva poput nanotehnologije, mehatronike, geoinženjerstva i informatičkog inženjerstva.

Također, jedan od problema je to što učenicima i studentima nedostaje motiviranost za inženjerstvo, promijenjene su kompetencije koje se traže od inženjera zbog čega bi trebali biti puno aktivniji, a to nisu, vjerojatno jer im od osnovne škole nedostaje interes za predmetima poput matematike, fizike i kemije, jer im se isti ne predstavljaju na zanimljiv način. Nakon što im ti predmeti nisu zanimljivi i teže ih svladavaju, još je teže da će ih zainteresirati studij koji obrazuje na primjer inženjere strojarstva jer znaju da taj studij uključuje puno nastavnih sadržaja iz matematike i fizike. Stoga treba od temelja početi primjenjivati različite metode i strategije u poučavanju inženjera zbog čega se često koriste novi modeli, strategije i pristupi učenju i poučavanju. Neki samo eksperimentalno, dok se pojedini, koji se pokazuju uspješnijima, sve više primjenjuju u današnjem obrazovanju. Jedan od tih modela je 5E model koji se pokazao uspješnim u poučavanju prirodoslovlja i tehnike.

2.1. Načini učenja u obrazovanju inženjera

Kako bi se moglo pristupiti rješavanju uspješnog učenja i poučavanja u inženjerstvu važno je upoznati se s načinima i stilovima učenja u ovom području. Ovo je važno i iz aspekta primjene bilo kakve strategije ili modela poučavanja jer se obrazovanje realizira s pojedincima, čije osobine mogu biti bitno različite. Tako preferirani stil učenja treba odgovarati i preferiranom stilu poučavanja, prikazanim u tablici 1.

Tablica 1. Dimenzije stilova učenja i poučavanja

Preferirani stil učenja		Preferirani stil poučavanja	
-Učenici koji osjećaju -Intuitivni učenici	Percepcija	-konkretni -apstraktni	Sadržaj
-Vizualni tip učenika -Auditivni tip učenika	Unos	-vizualni tip -verbalni tip	Prezentacija (predstavljanje)
-tip koji voli uvođenje -tip koji voli odbijanje	Organizacija	-tip koji voli uvođenje -tip koji voli odbijanje	Organizacija
-aktivni -reflektivni	Obrada	-aktivni -pasivni	Sudjelovanje učenika
-sekvencijalni -globalni	Shvaćanje	-sekvencijalni -globalni	Perspektiva (stav)

U svojoj teoriji psiholoških tipova švicarski psiholog i psihijatar Carl Jung opisao je dvije skupine studenata: *studente koji osjećaju* te *intuitivne studente*, te je uveo osjećanje i intuiciju kao dva načina na koje ljudi percipiraju svijet oko sebe. Osjećanje uključuje promatranje, prikupljanje podataka kroz osjetila, dok intuicija uključuje neizravnu percepciju putem podsvijesti, nagađanja, zamišljanja i instinkta. Osobe koje osjećaju vole činjenice, podatke i izvođenje pokusa, a osobe koje su više intuitivne vole principe i teorije. Osobe koje osjećaju vole rješavati probleme uobičajenim metodama i ne vole iznenađenja. Osobe koje su intuitivne vole inovacije i ne vole ponavljanje. Osobe koje osjećaju su strpljive, paze na detalje te ne vole komplikacije dok je osobama koje su intuitivne dosadno te očekuju komplikacije. Osobe koje osjećaju dobro pamte činjenice, a ove druge bolje shvaćaju nove koncepte. Osobe koje osjećaju su često spore, a ove druge su brže, no zbog toga je moguće da budu brzoplete. Važna razlika između ove dvije vrste ljudi je da se osobe koje osjećaju lošije snalaze sa simbolima te prevođenjem njihovog pravog značenja. Zbog toga su osobe koje osjećaju i sporije u rješavanju provjera u kojima su ograničene vremenom. Obje vrste studenata sposobne su postati vrhunski inženjeri i važne su za profesiju inženjeringa pa bi se stoga trebalo prilagoditi i pravilno poučavati obje skupine studenata.

Sljedeće tri skupine studenata su: *vizualni*, *auditivni* i *kinestetički tip* studenata. Način na koji ljudi primaju informacije može se podijeliti u tri kategorije; vizualni; ono što se vidi, slike i slično, auditivni; zvukovi i riječi i kinestetički; okus, dodir i miris. Istraživanja su pokazala da većina ljudi uči najučinkovitije pomoću jedne od tri kategorije i često ignoriraju, odnosno krivo tumače informacije predstavljene u preostalim kategorijama. Vizualni studenti najbolje se sjećaju onog što su vidjeli, a to su slike, dijagrami, tablice, vremenske crte, filmovi i demonstracije. Ako se njima nešto samo kaže, sigurno će to zaboraviti. Auditivni studenti pamte puno toga što čuju, a još više ono što čuju i zatim izgovore. Uče vrlo efektivno na način da ponavljaju naučeno drugima te preferiraju verbalno objašnjenje umjesto demonstracije onoga što se uči. Većina studenata u fakultetskom obrazovanju oslanjaju se na vizualni i auditivni tip predavanja (predavanja profesora). Kinestetički tip studenata koristi viđenje informacija (dodirivanje, kušanje, mirisanje) te obradu informacija (pomicanje, povezivanje, vršenje aktivnih radnji prilikom procesa učenja). Ono što je važno u poučavanju jest da se općenito u nastavi koristi mnogo vizualnih pomagala kao što su slike, dijagrami i skice, matematičke funkcije trebale bi biti predstavljene pomoću grafova ili demonstracijom procesa u radu koji bi trebali biti prezentirani kad god je to moguće.

Induktivni i deduktivni studenti su studenti koji unose i odbijaju. Unošenje je progresija rasuđivanja koja kreće od osnovnih obilježja (opservacije, mjerenja, podataka) prema općim obilježjima (gradivnim pravilima, zakonima i teorijama) Odbijanje se događa obrnuto. U unošenju učenik unosi principe, dok u odbijanju učenik odbija/oduzima posljedice. Unošenje je uobičajeni, prirodni stil učenja kod većine ljudi. Većina toga što naučimo sami dolazi iz pravih situacija koje zahtijevaju da se razriješe.

S druge strane, odbijanje je prirodni stil poučavanja kod ljudi, barem kada govorimo o predmetima tehničke prirode na razini fakultetskog obrazovanja. Iznošenje gradivnih načela i preko njih dolaženje do primjene je efektivan i elegantan način da organiziramo i prezentiramo materijal koji je već shvaćen. Zbog toga su svi kurikulumi u inženjerstvu postavljeni prema načelima dedukcije (odbijanja), počevši od osnova koje se predaju studentima početnicima prema kompliciranjem gradivu koje slušaju studenti zadnjih godina fakulteta i učenici zadnjih godina škole. Neformalna istraživanja sugeriraju da se većina učenika i studenata inženjeringa vide kao induktivni učenici/studenti (učenici/studenti koji unose). Induktivni učenici moraju prvo vidjeti fenomen ili manifestaciju da bi razumjeli teoriju koja pojašnjava taj fenomen. Postavlja se pitanje: Kako poučavati induktivni i deduktivni tip učenika? Učinkovit način bio bi da se slijedi znanstvena metoda u prezentaciji gradiva u razredu: prvo unošenje, onda odbijanje-dedukcija.

Između *aktivnih i reflektivnih* studenata postoji temeljna razlika, a to su oni koji uče aktivnim eksperimentiranjem i refleksivnim promatranjem. Aktivno eksperimentiranje uključuje vršenje nečega u stvarnom svijetu s informacijama, raspravljanje o tome, pojašnjavanje toga ili testiranje na neki način, dok s druge strane, refleksivno promatranje uključuje pregledavanje i manipulaciju informacija introspektivno. Aktivan učenik je netko tko se bolje snalazi u eksperimentiranju nego u refleksiji. Aktivni učenici ne uče mnogo u situacijama u kojima su pasivni, a reflektivni učenici ne uče dobro u situacijama u kojima nemaju dovoljno vremena da razmisle o informacijama koje se prezentiraju. Aktivni učenici dobro funkcioniraju u grupama, a reflektivni učenici samostalno. Aktivni više eksperimentiraju dok reflektivni teoretiziraju. Aktivni kao i reflektivni učenici potrebni su kao inženjeri. Reflektivni promatrači mogu pružiti matematičke modele, to su oni koji mogu definirati probleme i predložiti rješenje. Aktivni su oni koji ocjenjuju ideje, osmišljavaju i provode eksperimente nakon čega zaključuju koje ideje se mogu realizirati. Nastavnik bi trebao raditi kratke pauze u predavanju za reflektivne učenike te kratke rasprave iza kojih slijede aktivnosti u kojima se praktično pristupa rješavanju problema za učenike aktivnog tipa.

Sekvencijalni i globalni studenti se također razlikuju u načinu svladavanja gradiva. Većina formalnog obrazovanja uključuje prezentiranje materijala na logičan način tempom kojeg određuje sat i kalendar. Kada je određena cjelina gradiva predstavljena, studenti pišu pisane provjere te nastavljaju dalje s usvajanjem gradiva. Neki studenti navikli su na ovakav način rada i on im ne predstavlja problem, to su sekvencijalni studenti. Oni uče sekvencijalno, savladavajući gradivo slijedom kako im je predstavljeno. Ostali ne mogu učiti na taj način. Globalni studenti uče u kratkim sklopovima. Kod takvih je studenata uobičajeno da ne mogu objasniti niti najjednostavnije koncepte niti riješiti najjednostavnije probleme, ali onda u određenom trenutku sve „sjedne na mjesto“ i razumiju cijelo gradivo na čuđenje nastavnika i ostalih učenika. Sekvencijalni učenici slijede linearni proces rasuđivanja kada rješavaju probleme, dok globalni učenici skaču s jednog dijela problema na drugi i nazad, rješavajući problem intuitivno zbog čega na kraju ne mogu izričito pojasniti kako su došli do nekog rješenja. Sekvencijalni studenti mogu rješavati problem samo s dijelovima tog problema, dok globalni studenti teško rješavaju problem ako nemaju cijelu sliku problema pred sobom. Formalno je obrazovanje i školsko doba težak period za globalne učenike pošto imaju drugačiji način rada od sekvencijalnih učenika kojih je znatno više. Ako „prežive“ sustav obrazovanja globalni studenti postaju sjajni inženjeri jer su oni ti koji vide veze i rješenja problema u situacijama kada to klasično funkcionirajući ljudi ne vide. Kako poučavati globalne studente? Kako bi se doprlo do globalnih studenata, nastavnici moraju na početku cjeline istaknuti krajnji cilj nekog gradiva prije nego krenu s pojašnjavanjem koraka kojima treba ići kako bi se došlo do cilja.

Potrebno je izabrati neke od metoda i tehnika te ih kontinuirano uvoditi u nastavu. Kada su u razredu svi učenici pasivni, niti aktivni niti reflektivni promatrači ne mogu učiti s učinkovitošću. Proučivši stilove kojima učenici uče, dolazimo do saznanja da su stilovi veoma raznovrsni. Profesori bi trebali uključivanjem malog broja tehnika moći postići rezultat kojim bi bili zadovoljni studenti različitih stilova učenja. Tehnike i prijedlozi koji su ovdje predloženi trebali bi služiti toj svrsi. Profesori suočeni s ovim popisom mogli bi pomisliti da je nemoguće postići to sve u predavanjima i uz to poučavati cijeli sadržaj godišnjeg nastavnog plana i programa. Neki od navedenih pristupa, pogotovo onih koji su vezani za induktivnu, metodu unošenja, organizaciju informacija i prilika za aktivnosti studenata tijekom nastavnog sata mogu stvoriti problem kada je u pitanju vrijeme koje je predviđeno za obradu određenog gradiva. Cilj je uključiti ove stilove učenja i razmatrati osobine pojedinog studenta i u primjeni 5E modela učenja.

3. POVIJEST 5E MODELA UČENJA

Model učenja 5E i vještine 21. stoljeća stvorio je Rodger W.Bybee, izvršni direktor BSCS-a (eng. Biological Sciences Curriculum Study-Studija bioloških znanosti i kurikuluma) prije više od 30 godina. Godine 2008. ekonomija je doživjela najveći niz kriznih situacija još od doba Velike Depresije, koja se dogodila u SAD-u početkom 20.stoljeća. Ovaj ekonomski pad se nastavio u 2009. i navodno će se nastaviti događati i dalje. Svoju pažnju javnost je usmjerila na poslove i osnovne potrebe. Usred rasprava o izbjeljivanjima plaćanjem kaucije i stimulirajućim ponudama, malo je ili ne postoji rasprava o vještinama radne snage, zaposlenih potrebnih za 21.stoljeće. Iako su ekonomski problemi u državi veći i kompleksniji nego vještine zaposlenih, oporavak i ponovno obučavanje umirovljenih, zaposlenih s premalo obaveza i nezaposlenih zahtijevat će novu generaciju sa znanjem, stavovima i sposobnostima koje su općenito potrebne za 21.stoljeće.

3.1. Vještine 21.stoljeća

Kod poučavanja predmeta iz područja prirodnih znanosti i tehnike studenti, tijekom proučavanja specifičnih znanstveno-tehničkih tema i koncepata, trebaju razviti kognitivne sposobnosti, koje su osnova za dalji razvoj pojedinca. Današnje kognitivne sposobnosti, koje očekuje suvremeno društvo i gospodarstvo, promijenile su se od nekadašnjih primarno adaptacijskih u nove, primarno anticipacijske. Drugim riječima, u suvremenom društvu od pojedinca se očekuje ne samo prilagođavanje postojećim uvjetima (adaptacija), već i brzo prilagođavanje i predviđanje posljedica novonastalih okolnosti (anticipacija). Slijede načelni primjeri vještina 21-og stoljeća:

„Sposobnost adaptiranja je sposobnost i volja da se čovjek suočava s nepoznatim, novim i brzo promjenjivim uvjetima na poslu, uključujući efektivno reagiranje na hitne situacije ili krizne situacije i učenje novih zadataka, usvajanje načina korištenja tehnologije i procedura. Sposobnost adaptiranja isto uključuje način na koji se čovjek nosi sa stresom, privikavanje na različite osobnosti, komunikacijske stilove i kulture“ (Houston, 2007; Pulakos, Donovan, Plamondon, 2000).

Svaka osoba drugačije reagira na nove okolnosti, pa je zato sposobnost adaptiranja veoma važna. Treba znati reagirati u neočekivanim situacijama, prihvaćati nove zadatke i koristiti novu tehnologiju, a pritom biti smiren.

„Kompleksne komunikacijske/društvene vještine su vještine obrade i razumijevanja verbalnih i neverbalnih informacija od strane drugih kako bi se na njih dao odgovarajući odgovor/reakcija. Osoba sklona komunikaciji bira ključne dijelove kompleksne ideje koje izražava u riječima, zvukovima i slikama kako bi stvorila zajedničko razumijevanje“ (Levy, Murnane, 2004).

Komunikativnost je jedna od bitnijih vještina. Ljudi se moraju znati izražavati, pogotovo ako rade poslove koji zahtijevaju ogromnu odgovornost, ali ih se mora i razumijeti u cijelosti.

„Osobe sklone komunikaciji pregovaraju o pozitivnim ishodima s ostalima kroz društvenu moć opažanja, uvjeravanje, pregovaranje i davanje uputa“ (Peterson, 1999).

„Ne-rutinsko rješavanje problema; osoba vješta u rješavanju problema koristi ekspertno razmišljanje kako bi pregledala velik opseg informacija, prepoznala uzorke i smanjila količinu informacija potrebnih za postizanje dijagnoze problema. Kako bi se prošla dijagnoza i došlo do rješenja potrebno je znanje o tome kako su informacije povezane konceptualno i uključuje metakogniciju- sposobnost sagledavanja realne situacije i uspijeva li u njoj trenutna strategija ili je potrebno prebacivanje na drugu strategiju u slučaju da trenutna ne zadovoljava“ (Levy, Murnane, 2004).

Čovjek koji može izdvojiti bitno od nebitnog može brže doći do rješenja, a ako takav način ne uspije, vrlo brzo nalazi drugi način kojim može doći do rješenja.

„Uključuje kreativnost kojom se generiraju nova i inovativna rješenja, integriraju naoko nepovezane informacije; razmatraju se opcije koje bi ostalima možda promakle“ (Houston, 2007).

„Samostalno vođenje/samostalni razvoj su vještine koje uključuju sposobnost da se rad može obavljati s udaljene pozicije, u virtualnim timovima, da se radi neovisno, samostalno, da osoba bude samomotivirajuća i da uz to sama prati svoj rad. Jedan dio samovođenja je volja i sposobnost za usvajanjem novih informacija i vještina vezanih za posao“ (Houston, 2007).

Čovjek koji može samostalno voditi posao, izvan poslovnog prostora, a pritom pratiti sebe i usvajati nove informacije i vještine je osoba koja izvanredne vještine koje mora imati vođa.

„Sustavno razmišljanje podrazumijeva sposobnost shvaćanja kako cijeli sustav funkcionira, kako neka akcija, promjena ili kvar u nekom dijelu sustava utječe na ostatak sustava, dakle prihvaćanje perspektive „veće slike“ u sagledavanju posla.“ (Houston, 2007).

Čovjek koji može shvatiti kako cjelokupni sustav funkcionira i kako neki djelić utječe na pojedini dio sustava ima vještinu da vidi cijelu sliku i lako može doći do izvora problema.

„Uključuje procjenu i donošenje odluka; analizu sustava i procjenu sustava kao i apstraktno shvaćanje činjenice da različiti elementi pojedinog posla surađuju međusobno.“ (Peterson,1999).

Tablicom 2 prikazana je povezanost i učinkovitost BSCS 5E modela učenja s vještinama 21.stoljeća, čime se jasno ističu prednosti ovog modela i prilagođenost istog suvremenim dosezima u području obrazovanja.

Tablica 2. Usporedba vještina 21.stoljeća s učinkovitošću BSCS 5E modela učenja

Vještine 21.stoljeća	BSCS 5E instrukcijski model
Prilagodljivost	Nedostatak dokaza
Kompleksna komunikacija	Mala količina dokaza baziranim na argumentiranju
Ne-rutinsko rješavanje problema	Čvrsti dokazi temeljeni na stavu i interesu prema znanosti
Samovođenje/samorazvoj	Čvrsti dokazi temeljeni na potpunom ovladavanju nekog znanstvenog područja
Sistemske razmišljanje	

3.2. Nastanak BSCS modela iz SCIS modela

BSCS (eng. *Biological Sciences Curriculum Study*) je studij bioloških znanosti, to je obrazovni centar koji razvija kurikularne materijale, pruža obrazovnu podršku i provodi istraživanje i evaluaciju na području znanosti i tehnologije. Osnovan je 1958. godine, a 1973. postaje neovisna neprofitna organizacija sa sjedištem u Colorado Springsu u Coloradu. SCIS je studij za poboljšanje kurikuluma prirodosnanosti.

BSCS model je izravan potomak Atkinovog i Karplusovog ciklusa učenja koji se predlaže početkom 60-ih godina 20.stoljeća i koristi se na SCIS-u. Atkinov i Karplusov ciklus učenja koristio je pojmove istraživanja, izuma i otkrivanja. Ti su termini bili kasnije izmijenjeni na: istraživanje, pojam uvođenja i primjenu koncepta. Na BSCS model je dodana početna faza osmišljena za uključivanje prethodnog znanja učenika te konačna faza procjene,

odnosno ocjenjivanje razumijevanja učenika/studenata. Sljedeća tablica (tablica 3.) prikazuje uobičajene faze SCIS i BSCS modela i dodatne faze za BSCS model.

Tablica 3. Usporedba SCIS i BSCS modela

SCIS model	BSCS model
	Angažiraj se (nova etapa)
Istraživanje	Istraži (nastalo od SCIS-a)
Izumiteljstvo (uvod u pojmove)	Objasni (nastalo od SCIS-a)
Otkrivanje (konceptualna primjena)	Izradi (dodatno pojasni) (nastalo od SCIS-a)
	Ocijeni, procijeni (nova etapa)

Od 1980-ih BSCS je koristio 5E model kao središnju inovaciju u osnovnom, srednjem i visokoškolskom obrazovanju vezanih uz biologiju i integrirane znanstvene programe. Osim toga, BSCS je izradio niz dodatnih modula za Nacionalni institut zdravlja (eng. *National Institutes of Health* - NIH). BSCS 5E model je središnji element za organiziranje tih modela.

BSCS 5E model učenja i drugi slični modeli podržavaju poučavanje vještina 21. stoljeća. No, treba napomenuti da iako su razvoj vještina i sposobnosti neprestani edukacijski ciljevi znanstvenih programa, vrlo malo naglaska stavlja se na ove ciljeve.

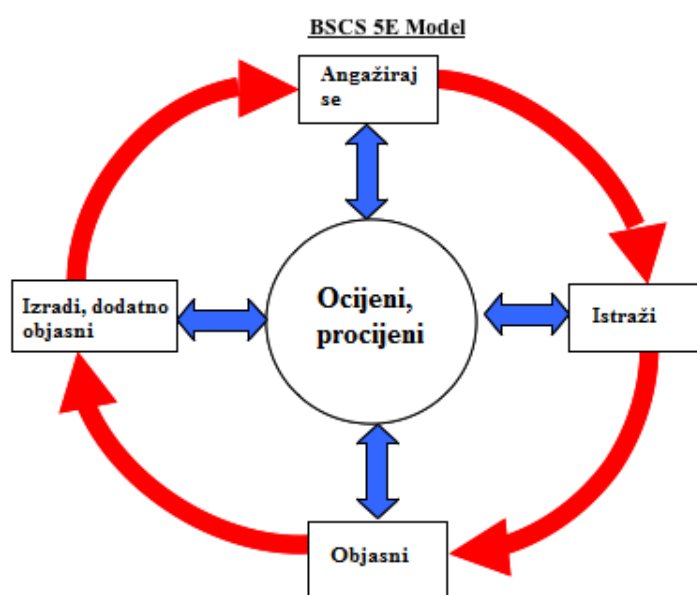
Znanstveni programi koji su zasnovani na aktivnostima koji provode modele učenja i poučavanja imaju potencijal razviti vještine 21. stoljeća. Među većim izazovima vezanih za njihovu implementaciju su: nabava materijala za kurikulum modela koji naglašava te ciljeve, mijenjanje percepcije nastavnika o poučavanju isključivo s naglaskom na vještine i sposobnosti te poticanje vjernom odnosu prema modelu poučavanja dizajniranim da pomogne učenicima postići vještine 21. stoljeća.

BSCS je uključivao model u većini programa razvijenih od 1980-ih. Ipak, širenje i uspješno korištenje modela uvelike premašuje prihvata i primjenu BSCS programa ili njegovu implementaciju i profesionalni razvoj. BSCS 5E model je međunarodno priznat, uključen u nekoliko državnih okvira, primjenjivan u područjima izvan znanosti, usvojen od strane ljudi koji razvijaju različite modele od BSCS modela i korišten od strane nastavnika prirodnih znanosti na svim razinama – osnovne škole do fakulteta i sveučilišta. Široko rasprostranjeno

prihvaćanje BSCS 5E modela učenja i poučavanja upućuje na to da je njegovo korištenje u osmišljanju materijala za kurikulum u 21.stoljeću može uvelike poboljšati prihvaćanje i usvajanje tih materijala od strane ljudi koji poučavaju predmete prirodnih znanosti.

4. RAZRADA MODELA

BSCS 5E model učenja i poučavanja pojednostavljeno se može prikazati kao stanoviti ciklus refleksije (slika 1), kojeg obilježavaju četiri temeljne etape: angažiranje studenata, istraživanje, studentsko objašnjavanje i izrada koja uključuje i vlastito pojašnjavanje takvog uratka. Tijekom čitavog ciklusa provodi se postupak vrednovanja aktivnosti studenta. Ipak, zbog jasnijeg uvida u cjelovitu strukturu modela, ali i različitosti u odnosu na mnoge slične modele i strategije, važno je upoznati svaku pojedinu etapu i obilježja iste.



Slika 1. BSCS 5E model

4.1. Angažiraj se, uključi se, kreni

Ova iskustva mentalno pokreću učenike događajem ili pitanjem. Aktivnosti uključivanja pomažu učenicima da stvore veze između onog što znaju i što mogu učiniti. Tijekom faze uključivanja nastavnik može stvoriti potrebu za znanjem/stvoriti interes, procijeniti prijašnje znanje, fokusirati se na problem/pitati pitanja.

Ovu etapu možemo i detaljnije objasniti. Nastavnik pozitivnu interakciju s učenicima/studentima i potiče ih na međusobnu pozitivnu interakciju. Učenici potiču interes i znatiželju, potiču propitivanje i povezuju učenje sa stvarnim iskustvima svijeta. Nastavnik postavlja zadatke, ispituje prethodno znanje učenika i potiče ih da novo povežu s prethodnim znanjem. Oni predstavljaju svrhu učenja, određujući ciljeve i jasnu ocjenu i izvedbu.

Nastavnik pomaže studentima da promotre i odrede procese koji će podržati postizanje ciljeva.

Etapu možemo podijeliti na četiri razine.

Razina 1: Nastavnik osigurava i uređuje prostor za učenje dajući pravila ponašanja u istome. Potiče interes i znatiželju u učenju, stvarajući veze koristeći interese učenika/studenata.

Objašnjava svrhu učenja i procjenjuje prethodno znanje učenika, pitajući učenike/studente ono što znaju o određenoj temi. Nastavnik postavlja ciljeve učenja na temelju očekivanog standarda na razini godine i obavještava učenike/studente o zahtjevima procjene/ocjenjivanja. Podupire učenike u razmišljanjima i u tome da identificiraju ono što znaju i što bi trebali znati, što im tako omogućuje praćenje vlastitog učenja i napretka.

Razina 2: Nastavnik stvara produktivno okruženje za učenje, tako prenoseći što očekuje od učenika, uključujući i napredak i ponašanje. Nastavnik se bavi individualnim studentima i njih tretira pošteno i dosljedno.

Nastavnik koristi sve informacije kako bi razlikovao ciljeve učenja grupa studenata, po potrebi. Nastavnik pokazuje svrhu učenja tako da poveže određene aktivnosti s ciljevima učenja. Isto tako, objašnjava kriterije ocjenjivanja i modelira različite tipove razmišljanja pomoću oznaka i definicija.

Razina 3: Nastavnik govori o rutinama učenja i protokolima tijekom interakcije s učenicima, odgovara na socijalne i emocionalne potrebe svakog pojedinca, koristi niz strategija za procjenu i dokumentiranje prethodnih znanja studenata.

Nastavnik koristi te dokaze kao početnu točku za određivanje ciljeva učenja temeljenih na standardima nastavnih planova i programa. Također, pruža primjere studentskog rada kako bi pokazao očekivani standard pri procjeni. Nastavnik govori o svom pristupu razmišljanju i modelima korištenih strategija. Pruža alate i strategije koji bi mogli pomoći učenicima da razmisle o njihovom učenju.

Razina 4: Nastavnik koristi sve dostupne informacije i dokaze kako bi utvrdio trenutnu razinu znanja i razumijevanja svakog pojedinačnog učenika. Upotrebljava pitanja generirana od strane učenika kako bi proširili fokus učenja i povezali se sa životima učenika. Nastavnik podupire učenike da koriste dokaze kako bi prilagodili sebi svoje ciljeve učenja i potom ih uskladili sa standardima nastavnog plana i programa. Nastavnik prikazuje rubrike za procjenu, koja ilustrira sve veću razinu znanja na osnovu standarda nastavnog plana i programa. Podupire učenike/studente da procijene vlastito i/ili tuđe mišljenje. Profesor olakšava proces u kojem učenici prate učinkovitost svojeg učenja.

4.2. Istraži

Učenici rade jedni s drugima kako bi istražili ideje kroz aktivne (praktične) aktivnosti. Pod vodstvom nastavnika učenici doživljavaju skup iskustava koja im pomažu razjasniti njihovo shvaćanje glavnih koncepata i vještina. Tijekom faze istraživanja učenici istražuju, razvijaju svjesnost/vježbaju vještine, dizajniraju, planiraju, grade modele, prikupljaju podatke, testiraju predviđanja i formiraju nova predviđanja.

Detaljnije; nastavnik predstavlja izazovne zadatke koji pobuđuju interes učenika/studenata koji onda ispituju o tom zadatku, prikupljaju relevantne informacije i razvijaju ideje. Nastavnik im pomaže da organiziraju te svoje prikupljene informacije i ideje da prošire svoju perspektivu i razmišljaju o njihovu učenju. Nastavnik pažljivo sluša zahtjeve pri učenju zadatka, pažljiv je na odgovore učenika i u skladu s time intervenira.

I ovu etapu možemo podijeliti na četiri razine.

Razina 1: Nastavnik postavlja niz različitih pitanja i potiče učenike/studente da dijele svoja prethodna iskustva kako bi se uključili u istragu. Od učenika se traži da objasne ključne pojmove i izlože svoje ideje. Nastavnik odabire relevantne izvore i prikazuje primjere u organiziranom obliku. Pitanjima ih usmjerava kako bi pomogao učenicima da odaberu dosljedne informacije. Doprinosi produktivnom okruženju učenja i informira učenike o vremenskom okviru za zadatke te ukazuju na primjereno ponašanje učenika u razredu.

Razina 2: Nastavnik postavlja pitanja koja potiču daljnje istraživanje. Proširuje iskustva učenika stvaranjem veza između fokusa učenja i korištenja u stvarnom svijetu. Nastavnik promatra i sluša učeničke interakcije i reagira na bilo kakve pogrešne predodžbe. Kontinuirano prati studente i intervenira u održavanju angažmana učenika u istrazi, kada je to potrebno. Utvrđuje rutinu i pruža raspored da bi se radilo u skladu s vremenom.

Razina 3: Nastavnik pruža iskustva kako bi uklonio pogrešne predodžbe učenika i postavlja pitanja kako bi izazvao ideje učenika/studenata. Pokazuje strategiju kojom se odabiru važne informacije i resursi. Objašnjava razloge korištenja pojedinih strategija kako bi pomogao učenicima organizirati informacije. Prilagođava vrijeme u kojem bi učenici mogli maksimalno iskoristiti svoje mogućnosti.

Razina 4: Nastavnik uvodi nove perspektive, upituje i podupire učenike da razmisle o njihovom razumijevanju. Nastavnik kroz korištenje specifičnih zadataka i pitanja izaziva učenike da što više razmišljaju. Potiče učenike/studente da odaberu alate i strategije prikladne za dokumentiranje prikupljenih podataka. Koristi učeničke verbalne i neverbalne znakove,

reagira na individualno ponašanje i podupire učenje u skladu s tim. Pruža strategije koje omogućuju studentima učinkovito upravljanje svojim vremenom.

4.3.Objasni

Učenici pojašnjavaju vlastito shvaćanje koncepata i procesa koje usvajaju. Nastavnici pomažu učenicima razjasniti njihovo shvaćanje i predstavljaju informacije vezane za koncepte koji se moraju usvojiti. Tijekom faze objašnjavanja nastavnici i učenici pojašnjavaju shvaćeno, definiraju koncepte i termine, međusobno dijele načine shvaćanja zbog povratnih informacija, slušaju jedan drugoga s naglaskom na kritiziranje, formiraju sažetke, referiraju se na prethodne aktivnosti.

Detaljnije o ovoj etapi; nastavnik pruža mogućnost učenicima da pokažu svoju trenutnu razinu razumijevanja putem verbalnih i neverbalnih sredstava. Eksplicitno poučava relevantna znanja, koncepte i vještine. Daje strategije koje omogućuju učenicima povezivanje i organiziranje novih i postojećih znanja. Pomaže učenicima da predstavljaju svoje ideje, koristeći jezik i slike kako bi ih angažirali u čitanju, pisanju, govoru, slušanju i gledanju. Progresivno procjenjuje razumijevanje i strukturu učenika kako bi mogli vježbati nove vještine.

Ova etapa također ima četiri razine.

Razina 1: Nastavnik podupire učenike u razvijanju pojašnjavanja kako bi njihovi upiti imali smisla. Predstavlja im novi sadržaj temeljen na standardima na razini godine i predstavlja ga na različite načine kako bi učenici bolje razumjeli. Povezuje novi sadržaj s prethodnim znanjem te ih neprekidno potiče da pojasne svoje razumijevanje. Omogućuje im da prakticiraju nove vještine i procese. Definira pravila discipline i koristi zadatke koji uključuju različite načine upotrebljavanja jezika da ih potakne u njihovoj pismenosti i govoru.

Razina 2: Nastavnik koristi učenikovo objašnjenje dotadašnje istrage i tako određuje trenutnu razinu razumijevanja zadatka i u skladu s tim uvodi novi sadržaj. Pokušava potaknuti učenike da surađuju i da međusobno povezuju prethodno s novim znanjem. Prikazuje više mogućnosti učenicima da iskoriste učenje novih znanja koristeći različite vrste prakse.

Razina 3: Nastavnik koristi analogiju i metaforu kako bi ilustrirao odnos između ideja, pomažući učenicima da povezuju nova i postojeća znanja da bi bolje razumjeli novo gradivo. Oblikuje načine kojim učenici mogu ojačati specifične vještine i procese kroz usredotočenu praksu.

Razina 4: Nastavnik procjenjuje razinu razumijevanja odabirom i uvođenjem sadržaja

na pojedinačnom mjestu, kao odgovor na učenikovo objašnjenje. Pomaže učenicima odabrati strategije za prikaz odnosa između ideja i za povezivanje novih sadržaja s prethodnim učenjem. Nastavnik izaziva učenike da predstavljaju svoje znanje na više načina.

4.4. Izradi (dodatno pojasni)

Ove aktivnosti potiču učenike da primjene naučeno te prošire svoje znanje i vještine. Tijekom faze izrade učenici nadograđuju svoje shvaćanje i koncepte, koriste znanje o konceptima kako bi dalje istražili, primjenjivali objašnjenja i vještine na nove, ali slične situacije te vježbaju i ojačavaju naučeno.

Detaljnije o ovoj etapi; nastavnik razgovara s učenicima, neprekidno širi i pročišćava shvaćanja učenika. Pomaže učenicima identificirati i definirati odnose između koncepata i generirati načela ili pravila. Podupire učenike da stvaraju i ispituju hipoteze te da donesu i opravdavaju odluke. Nadzire shvaćanje učenika, pruža povratne informacije i prilagođava se u skladu s tim.

Ovu etapu dijelimo kao i prethodne, na četiri razine.

Razina 1: Nastavnik daje izazovne zadatke i objašnjava zahtjeve zadatka učenicima, pritom dajući primjere u sličnim temama. Želi uključiti sve učenike u fokusirani razgovor, olakšavajući razmjenu ideja. Odabire temu i strukturira razgovor kako bi stvorio razmišljanje učenika o ključnim konceptima. Nadzire shvaćanje učenika, daje im povratne informacije specifične za zadatak i izmjenu instrukcije na temelju učeničkih odgovora.

Razina 2: Nastavnik daje zadatke koji podržavaju prijenos znanja i pomaže učenicima da primjenjuju koncepte iz poznatih u nepoznate kontekste. Mora tolerirati vrijeme čekanja za razmatranje ideja učenika i konstruiranje svojih odgovora. Daje povratnu informaciju koja se odnosi na kriterije ocjenjivanja, pri praćenju napretka učenika. Prilagođava nastavu na temelju potreba grupe.

Razina 3: Nastavnik postavlja zadatke koji zahtijevaju od učenika da manipuliraju informacijama i idejama kako bi stvorili pravila i principe koje mogu koristiti i u nepoznatim kontekstima. Stimulira sve učenike da daju značajan doprinos, da izazivaju međusobno davanje ideja. Nastavnik postavlja pitanja, proučava shvaćanje učenika i potiče ih da opravdaju svoje odgovore. Prati njihov napredak i intervenira u rješavanju individualnih potreba.

Razina 4: Nastavnik pomaže učenicima da koriste dokaze pri proširenju učenja u novim kontekstima. Daje im mogućnost da održe razgovor, tako produbljujući individualno i

kolektivno razumijevanje. Potiče učenike da kritiziraju pojedine ideje da bi se povećala intelektualna strogost razgovora. Kontinuirano prati napredak učenika i daje povratnu informaciju koja svakom učeniku omogućuje da razumije što trebaju raditi kako bi se poboljšali.

4.5. Ocijeni, procijeni

Učenici procjenjuju vlastito znanje, vještine i sposobnosti. Aktivnosti ocjenjivanja također omogućuju nastavnicima da procjene učenikov napredak. Tijekom faze ocjenjivanja učenici zaključuju koristeći dokaze, dakle usvojeno znanje i vještine iz prijašnjih iskustava i demonstriraju svoje shvaćanje ili znanje o konceptima ili vještinama.

Detaljnije; nastavnik podupire učenike da stalno unaprjeđuju svoj rad i šire svoje znanje. Integrira dokaze iz svake faze, formalno bilježe napredak studenata prema ciljevima učenja. Nastavnik daje povratne informacije i pomaže učenicima da procijene njihov napredak i postignuća. Pomaže im da razmisle o njihovim procesima učenja i utjecaju napora na postignuće. Zatim ih usmjerava na identifikaciju budućih ciljeva učenja.

Četiri su razine i ove etape.

Razina 1: Nastavnik pomaže učenicima da se pripreme za izvođenje shvaćanja nastavnog gradiva/zadanog zadatka. Procjenjuje postignuća učenika i komuniciraju o mogućem napretku. Postavlja pitanja koja će omogućiti učenicima da odražavaju svoje učenje.

Razina 2: Nastavnik pruža strategije kojima učenici mogu razmisliti o njihovom radu i usavršava ih u pripremi za izlaganje. Integrira dokaze prikupljene iz formalne i neformalne procjene kako bi prosuđivao napredak učenika. Koristi primjere učeničkih radova kako bi ilustrirao napredak učenika prema ciljevima učenja.

Razina 3: Nastavnik potiče učenike da individualno i skupno procijene i unaprijede svoj rad u pripremi za izlaganje naučenoga. O postignućima učenika koristi rubrike koje se odnose na standarde nastavnog plana i programa. Nastavnik prema ciljevima učenja koji su temeljeni na standardima kurikulumu govori o napretku. Pomaže učenicima/studentima da pregledaju primjerke svog rada kako bi dokazali naučeno i razmišlja o njihovom ukupnom napretku. Potiče učenike/studente da definiraju buduće ciljeve i strategije učenja kako bi napredovali.

Razina 4: Nastavnik potiče učenike na razmišljanje o svojim rezultatima učenja i

zajedno procjenjuju primijenjene strategije. Poziva se na standarde nastavnog plana kad određuje buduće ciljeve i strategije učenja pojedinca.

4.6. Tablična razrada instrukcijskog modela

Tablični prikaz pojedine etape (tablica 4) u kojem je objašnjeno što učenik, a što nastavnik radi u pojedinoj etapi instrukcijskog modela.

Tablica 4. Prikaz pojedine etape instrukcijskog modela

Etap instrukcijskog modela	BSCS 5E Instrukcijski model: Što učenik radi?	
	Ovo je dosljedno ovom modelu	Ovo je proturječno ovom modelu
Angažiraj se, uključi se, kreni	-postavljaju pitanja kao što su „Zašto se ovo dogodilo?“, „Što već znam o ovome?“, „Što mogu doznati o ovome?“ -pokazuje interes za temu	-pita za „točan“ odgovor -nudi „točan“ odgovor -traži samo jedno rješenje
Istraži	-promišlja samostalno unutar granica aktivnosti -testira predviđanja i hipoteze -formira nova predviđanja i hipoteze -isprobava alternativna rješenja i komentira ih sa drugima -bilježi zapažanja i ideje -postavlja srodna pitanja -ponaša se bez predrasuda	-pušta drugima da razmišljaju i istražuju (pasivno sudjelovanje) -„igra se“ bez određenog cilja na umu -staje nakon jednog otkrivenog načina kako nešto učiniti
Objasni	-objašnjava moguća rješenja i odgovore drugima	-predlaže pojašnjenje „iz vedra neba“ nevezano za

	<ul style="list-style-type: none"> -kritički sluša tuđa objašnjenja -razmatra tuđa objašnjenja -sluša i pokušava shvatiti objašnjenja koja nastavnik nudi -referira se na prošle aktivnosti -koristi zabilježena zapažanja u objašnjenjima -procjenjuje vlastito shvaćanje 	<ul style="list-style-type: none"> prijašnja iskustva -spominje nevažna iskustva i primjere -prihvaća objašnjenja bez obrazloženja -ne obazire se na ostala moguća objašnjenja
Izradi (dodatno pojasni)	<ul style="list-style-type: none"> -koristi nove termine, definicije, objašnjenja i vještine u novim, sličnim situacijama -koristi prethodno usvojene informacije kako bi pitao, predlagao rješenja, donosio odluke i dizajnirao pokuse -donosi razborite zaključke iz dokaza -bilježi zapažanja i pojašnjenja -provjerava slažu li se ostali učenici s pojašnjenjima 	<ul style="list-style-type: none"> -„igra se“ bez određenog cilja na umu -ignorira prethodne informacije i dokaze -vuče zaključke „iz vedra neba“ -u raspravi, koristi samo one izraze koje je učitelj predložio
Ocijeni, procijeni	<ul style="list-style-type: none"> -odgovara na pitanja otvorenog tipa koristeći zapažanja, dokaze i prethodno prihvaćena objašnjenja -demonstrira shvaćanje odnosno poznavanje 	<ul style="list-style-type: none"> -zaključuje ne koristeći dokaze i prethodno prihvaćena objašnjenja -nudi samo da-ne odgovore i pamti definicije ili objašnjenja kao odgovore -nije u mogućnosti izraziti

	koncepta ili vještine -procjenjuje svoj napredak i znanje -pita pitanja vezana uz temu koja potiču daljnja istraživanja	zadovoljavajuća objašnjenja svojim riječima
Etapu instrukcijskog modela	BSCS 5E Instrukcijski model: Što nastavnik radi?	
	Ovo je dosljedno ovom modelu	Ovo je proturječno ovom modelu
Angažiraj se, uključi se, kreni	-stvara interes -potiče na radoznalost -postavlja pitanja -traži odgovore koji otkrivaju što učenici znaju ili misle o konceptu ili temi	-pojašnjava koncepte -daje definicije i odgovore -vuče zaključke -rezimira i zaključuje -predaje
Istraži	-ohrabruje učenike da surađuju jedni s drugima bez izravnih uputa nastavnika -promatra i sluša učenike dok surađuju -postavlja pitanja koja učenike preusmjeravaju u njihovim istragama kada je to potrebno -daje učenicima vremena da nađu rješenje problema -djeluje kao savjetnik za učenike -stvara okruženje koje je okarakterizirano kao „potreba za znanjem“	-daje odgovore -govori ili objašnjava kako riješiti problem -rezimira i zaključuje -izravno govori učenicima da su u krivu -daje informacije ili činjenice koje rješavaju problem -vodi učenike korak po korak do rješenja

Objasni	<ul style="list-style-type: none"> -ohrabruje učenike da objasne koncepte sa definicijama i njihovim riječima -traži dokaze i pojašnjenja od učenika -formalno pojašnjava definicije, pojašnjena i nove termine kada je to potrebno -koristi prijašnja iskustva učenika kao osnovu za pojašnjavanje koncepata -procjenjuje učenikovo shvaćanje koje stalno raste 	<ul style="list-style-type: none"> -prihvaća objašnjenja koja nemaju obrazloženja -zanemaruje traženje objašnjenja od učenika -uvodi nevezane koncepte ili vještine
Izradi (dodatno pojasni)	<ul style="list-style-type: none"> -očekuje od učenika da koriste formalne izraze i termine, definicije i pojašnjenja koja su prethodno predstavljena učenicima -potiče učenike da primjenjuju i proširuju koncepte i vještine u novim situacijama -podsjeća učenike da postoje alternativna objašnjenja -učenike upućuje na postojeće podatke i dokaze i pita: "Što već znaš?", "Što misliš?" (strategije faze istraživanja su također primjenjive ovdje.) 	<ul style="list-style-type: none"> -daje konačne odgovore -izravno govori učenicima da su u krivu -predaje -vodi učenike korak po korak do rješenja -objašnjava kako raditi na rješavanju problema
Ocijeni, procijeni	-promatra učenike prilikom	-testira vokabular, izraze i

	primjene njihovih novih koncepata i vještina -procjenjuje znanje i vještine učenika -traži dokaze o tome da su učenici promijenili svoje mišljenje i ponašanje -dopušta učenicima da procijene svoje znanje i vještine grupnog procesa -postavlja pitanja otvorenog tipa kao što su: “Što misliš?”, “Koje dokaze za to imaš?”, “Što znaš o x ”, „Kako bi objasnio x ?“	izolirane činjenice -predstavlja nove ideje ili koncepte -stvara dvoznačnost -potiče rasprave otvorenog tipa nevezane za koncept ili vještinu
--	--	---

4.7. Primjer korištenja BSCS 5E modela u obrazovanju

BSCS 5E model učenja i poučavanja se koristi i u programima učenja koje koristi NASA. NASA eClips™ podržava 5E model učenja, pomažući studentima da iz novih iskustava i ideja izgrade vlastito znanje.

U prvoj fazi angažiranja se potiče interes učenika/studenata te se traži od njih osobno uključivanje u nastavu, koristeći prethodno znanje. Tada učenici prvi put susreću i upoznaju nastavni zadatak, uspostavljaju veze između prošlih i sadašnjih iskustava učenja, organiziraju terenski rad za nadolazeće aktivnosti. NASA eClips™ dizajnirani su za učenje studenata. Koriste diskusije i videozapise kroz koje se može provjeriti prethodno znanje učenika, a videozapisi pobuđuju znatiželju studenata i potiču ih da postavljaju pitanja.

U fazi istraživanja je ključno da se učenici uključe u temu kako bi shvatili nastavno gradivo, tada se imaju priliku izravno uključiti u zadane zadatke i upoznati se s materijalom. Dok rade u timovima učenici grade zajednička iskustava koja potiču dijeljenje znanja i komunikaciju. Nastavnik osigurava materijale i usmjerava pozornost učenika. Tijekom istraživanja se učenici aktivno upućuju u radni zadatak i aktivno uče kroz istraživačke

znanosti i inženjerske izazove. Naglasak je stavljen na: ispitivanje, analizu podataka i kritičko razmišljanje. NASA eClips™ pomaže učenicima da sami istraže nove teme. Kroz samostalno razvijene ili vođene istraživane studije postavljaju hipoteze, ispituju vlastita predviđanja i izvlače svoje zaključke.

U fazi objašnjavanja je potrebno pružiti učenicima priliku da razgovaraju o onome što su dosada naučili i da razumiju. Dijalog se vrši između učenika i s nastavnikom. Nakon što izlažu naučeno, mogu koristiti NASA eClips™ kako bi iznijeli svoje ideje. Bitno je da učenici ne izlaze iz konteksta i da ne skreću s teme.

U fazi dodatnog objašnjavanja i izrađivanja je ključno da učenici koriste svoje novo znanje i nastave istraživati. Proširuju svoje znanje, povezuju s ostalim srodnim temama te primjenjuju znanje na svijet oko sebe novim načinima. NASA eClips™ segmenti pomažu studentima da primjene ono što su naučili u novim i nepoznatim situacijama.

U fazi procjene se definira koliko su učenici naučili i razumjeli zadatke. To je proces koji omogućava nastavniku procjenu učenikovog poznavanja pojmova i razumijevanja gradiva. Procjena se vrši tijekom cijelog procesa učenja. Način na koji se procjena vrši je pomoću rubrika koje su određene nastavnim planom i programom, promatranjem nastavnika, intervjuima učenika i projektima. Video segmenti mogu se koristiti za određivanje učenikovog shvaćanja. Učenici trebaju biti uzbuđeni da pokažu svoje shvaćanje i znanje kroz prezentacije, projekte, modele, crteže, čak i časopise.

Dakle, metodom koja predlaže da učenici trebaju biti inovativni i sami izgrađivati svoje znanje koristeći prethodno, može se postići daleko bolja kvaliteta nastavnog programa. Njih treba zainteresirati, biti u toku s tehnologijom, prilagoditi im se maksimalno i pokušati ih zainteresirati na razne načine.

5. KONCEPT PRIMJENE 5E MODELA U POUČAVANJU INŽENJERA

Obrazovanje inženjera treba poboljšati. UNESCO-v izvještaj koji je objavljen u listopadu 2010. je ukazao na stanje u inženjerstvu i razvoju. Taj izvještaj naglašava veliki značaj inženjeringa za ljudsko društvo u rješavanju problema na razini cijele Zemlje kao što su siromaštvo, sigurna i čista energija, promjene u klimi i čista voda za piće. I u Africi, i u SAD-u i u Europskoj Uniji fale inženjeri. Problemi manjka kadra inženjera mogu se pojasniti manjkom inženjera koji diplomiraju i razlikom između obrazovanja inženjera i vještinama koje su potrebne na tržištu rada.

. Povukla bih razloge i glavni problem u poučavanju u osnovnim školama. Naime, iz vlastitog iskustva, mogu reći da su meni matematika i fizika, temeljni predmeti za znanost i inženjerstvo, uvijek bili zanimljivi jer sam rješavala probleme i dolazila do rješenja. No, nikad nismo te zadatke praktično primjenjivali, na primjer, izašli u dvorište osnovne škole pa na primjer izračunavali kutove košarkaškog koša i slično. Dakle, na način na koji bi velika većina shvatila smisao učenja kutova, tangensa, kotangensa, sinusa, kosinusa, itd., a ne klasično gdje profesor nacrtava na ploči, mi precrtamo i tada završava učenje kutova. Smatram da od tuda proizlazi problem. Učenici nisu sigurni ide li im matematika dobro ili ju samo ne vole. Treba pojašnjavati gradivo na zanimljiv način, prilagođen učenicovim godinama. Kad bi se primjenjivale metode kao što sam već primjerom navela, vjerujem da bi zainteresiranost i motiviranost učenika za obrazovanje u inženjerskom smislu bila veća. Mnogi učenici su kreativni i inovativni, no način učenja i poučavanja u školama im nije omogućio da iskažu svoje vještine, nažalost, te vještine bivaju zapuštene i takvi učenici najčešće završe radeći ono što ne vole.

Htjela bih ukazati na priliku da se primjeni 5E model u poučavanju inženjera, jer kroz tih 5 etapa učenici ili studenti stvarno mogu nešto naučiti, pa potom stvoriti. Znamo da inženjera neizmjereno nedostaje, potražnja za njima je prevelika. Zato treba prezentirati ove novije, aktivnije, zanimljivije modele u obrazovanju jer možda se onda pobudi interes mogućih budućih mladih inženjera. 5E model obrazovanja inženjera bi obuhvaćao sam po sebi inženjering, potom smisao za poduzetništvo, temeljno obrazovanje, svjesnost o okruženju te vrlo bitno funkcioniranje u timu. Program učenja je sam po sebi privlačniji ako ga podijelimo u više etapa. Cilj je privući učenike i studente da završe obrazovni stupanj te da razvijaju svoje praktične vještine koje onda mogu primjenjivati kasnije kada budu izgrađivali

svoju karijeru te da iste zadovoljavaju tržište rada. Stoga bi škole i fakulteti koje obrazuju inženjere trebale biti operativno središte za aktivnosti učenja. Treba biti u toku s lokalnom industrijom i postići ravnotežu između praktičnih i teorijskih vježbi.

Postoje različiti pristupi učenju. Iskustvo je pokazalo da su uvođenje i odbijanje doista različiti pristupi učenju. Najbolja metoda poučavanja, barem za učenike osnovnih i srednjih škola, je uvodna metoda (eng. *induction*), zvala se ona učenjem na temelju zadanog problema, otkrivanje učenjem, učenje upitom ili neka druga opcija. S druge strane, tradicionalno poučavanje na fakultetima je metoda odbijanja (eng. *deduction*) koja započinje s osnovama i nastavlja se primjenjivati. Problem pri uvodnoj metodi jest da nije na čvrstim temeljima. Mora se predstaviti zanimljiv problem ili skup opažanja ili podataka i pokušati u tome naći neki smisao. Mnogi učenici i studenti bi se stoga odlučili za prezentaciju metodom odbijanja, tako da im se kaže što moraju znati za test i ništa više. Ne bi bilo dobro da profesori odrede da učenici preferiraju metodu odbijanja i koriste rezultate da bi nastavili koristiti tradicionalne, a ne učinkovite načine poučavanja u svojim predmetima i kurikulumu. Stoga se pokušava metoda odbijanja izbaciti.

Zamjena vizualno/auditivne dimenzije za vizualno/verbalnu dimenziju, dakle vizualne informacije uključuju slike, dijagrame, tablice i animacije, a auditivne informacije uključuju govorene riječi i druge zvukove. Jedan medij prijenosa informacija koji nije toliko jasan je pisana proza. Učenici je doživljavaju vizualno i zbog toga se ne može klasificirati kao auditivna, ali je također pogrešno svrstati je u vizualnu kategoriju i time je izjednačiti sa slikama u prijenosu informacija. Kognitivni znanstvenici utemeljili su da naši mozgovi u pravilu konvertiraju pisane riječi u njihove izgovorene oblike i pritom ih procesuiraju na isti način kao i govorene riječi. Pisane riječi stoga nisu jednake pravim vizualnim informacijama. Vizualnom učeniku slika doista vrijedi tisuću riječi bile one izgovorene ili napisane. Kada uparimo *vizualni* i *verbalni* stil rješavamo problem braneći govorenim i pisanim riječima da budu uključene u istu kategoriju (verbalnu).

Učenici uče na različite načine, gledajući, dajući povratne informacije, logičkim i intuitivnim rasuđivanjem, pamćenjem i vizualizacijom te spajajući i stvarajući analogije, gradeći matematičke modele. Metode poučavanja također se razlikuju. Neki nastavnici drže predavanja, a neki demonstriraju i raspravljaju, neki se usredotočuju na principe i ostale primjene, neki naglašavaju pamćenje, a neki razumijevanje. Koliko pojedini učenik nauči u razredu ovisi dijelom o samom učeniku i njegovim urođenim sposobnostima i prethodnoj

pripremi, ali također i o kompatibilnosti njegovog/njenog stila učenja i stila nastavnikovog poučavanja.

Istražit ćemo koji aspekti stilova učenja su izrazito važni u obrazovanju inženjera, koji stilovi učenja su preferirani od strane profesora, a koji od strane profesora, kako profesori mogu doprijeti do učenika koji ne reagiraju na standardne stilove poučavanja inženjeringa.

Učenje u strukturiranom okruženju poučavanja može se shvatiti kao proces u dva koraka; primanje i obrađivanje informacija. U koraku primanja informacija, vanjske informacije, koje su zamijećene pomoću osjetila, i unutarnje informacije, koje nastaju introspektivno, postaju dostupne učenicima koji odabiru materijal koji će obraditi i ignoriraju ostatak. Proces obrade može uključivati jednostavno memoriranje ili induktivno (uvodno) odnosno deduktivno (odbijajuće) rasuđivanje, refleksiju ili postupke te introspekciju ili interakciju s ostalima. Ishod je da je materijal ili naučen u jednom ili drugom obliku ili nije naučen.

Slijedi razrada 5E modela koristeći primjer nastave na Filozofskom fakultetu u Rijeci na Odsjeku za politehniku. U prvoj fazi angažiranja bitno je pobuditi interes studenata, budućih mladih inženjera. Kako to učiniti? Uz svu današnju tehnologiju je to sada puno lakše. Na primjer, uči se o 3D pisačima. Profesor im pokaže video projekciju procesa 3D ispisa pa ih zatim angažira da se uključe u temu i pritom koriste ono što već znaju ili što su čuli ili gdje su već vidjeli 3D pisač i što misle kako on radi. U drugoj fazi istraživanja je bitno da se svi aktiviraju, da ispituju profesora o 3D pisaču, zašto je to tehnologija sadašnjice i budućnosti te da probaju sami na 3D pisaču koji je u praktikumu shvatiti što ih se pokušava poučiti. U fazi objašnjavanja je bitno da se studentima dopusti da komuniciraju o tome što su vidjeli, čuli i naučili i da shvate što to točno znači, na primjer kako izraditi CAD (eng. *Computer-Aided Design*) model iz kojeg nastaje proizvod kojeg izradi 3D pisač. Ako im nešto nije jasno, profesor uvijek treba znati odgovoriti na pitanja i pokušati im objasniti. U fazi izrade, dodatnog objašnjavanja, treba dopustiti učenicima da koriste novo naučeno i da nastave istraživati, bilo to u drugim radionicama izvan nastavnog okvira ili kod kuće koristeći Internet. Trebaju koristiti novo znanje u novim situacijama, ali isto tako zamoliti profesora da im dodatno objasni ono što im još nije jasno. U fazi ocjenjivanja je bitno da svi sudionici nastave, i studenti među sobom i profesor procijene koliko su dotad naučili i razumjeli, pritom profesor može pomoću rubrika koje su određene nastavnim planom, ocjenama od nedovoljan do odličan ocijeniti učenike. Nakon toga svi porazgovaraju o tome što se može učiniti da sljedeći put bude produktivnije.

6. KONCEPT PRIMJENE 5E MODELA NA VISOKOŠKOLSKOM STUDIJU

Odjek za politehniku na Sveučilištu u Rijeci je visokoškolski studij koji obrazuje inženjere politehnike. Studij traje tri godine, a nakon tog perioda bi svaki student trebao biti osposobljen za poslove inženjera koji obuhvaćaju primjenu spoznaja iz različitih područja, poput prirodnih znanosti, matematike, poduzetništva i tehnike u gospodarstvu. Studij je sačinjen od niza različitih kolegija, od kojih se ističu praktične radionice gdje učenici izrađuju i cilj je da budu inovativni pri izradi proizvoda koji zahtijevaju primjenu prirodnih znanosti i tehnike. Da bi studenti bili u toku s lokalnom industrijom i znali o potrebama tržišta rada izvodi se terenska nastava. No, kako na ostalim, tako i na ovom studiju je potrebno uvođenje novih metoda i strategija, što uključuje i pokušaje primjene raznih modela poučavanja. Primijeniti novi model u visokoškolski stupanj obrazovanja nije jednostavno te zahtijeva smislenu konceptualizaciju, u ovom slučaju 5E modela, ali i njegovu valorizaciju i prilagodbu stvarnim uvjetima u kojima se obrazovanje realizira. Stoga je ovdje potrebno obrazložiti takvu načelnu konceptualizaciju, koja će se ovdje djelomice elaborirati sa stajališta strojarke tehnologije, kao dijela navedenog studija i kao poticaj svakom nastavniku za promišljanje primjene 5E modela u vlastitoj nastavi. Izneseni koncept ovdje je prikazan samo načelno jer dublji prikaz premašuje dosege ovoga rada.

U prvoj etapi, koja je povezana s angažiranjem studenata, nastavnik nužno treba demonstrirati (pokazati, prikazati) neke od najvažnijih strojarskih tehnologija, bilo putem stvarne tehnologije koja se koristi u praktikumima ili različitim multimedijским sadržajima. Pri tom je glavni cilj pobuditi interes studenata za takve sadržaje i poticanje njihova interesa za vlastitu implementaciju takvih tehnologijama u području tog interesa. Nastavnik pri tom propitkuje što studenti već znaju o prikazanom i mogu li dosad stečeno znanje primijeniti na novo te osobito uvažava njihovo osobno stajalište prema tehnologiji, koje ne može mijenjati izravno (indoktrinacijom), već koje se može mijenjati i razvijati isključivo kao produkt njihova kasnijeg stvarnog iskustva i novih spoznaja.

Druga etapa podrazumijeva da studenti istražuju prikazane tehnologije, ali i da svoje istraživanje produbljuju novim sadržajima usklađenim s njihovim vlastitim interesima. U ovom dijelu nastavnik jasno treba definirati i razlučiti osnovne pojmove, procese, tehnologije i vještine koje studenti moraju usvojiti, upravo kako bi moderirao i usmjeravao njihovo

istraživanje ka željenim kompetencijama. Studenti tako mogu izvoditi laboratorijske aktivnosti u praktikumu kojima produbljuju prethodne znanje, ali i razvijaju nove ideje, postavljaju nova pitanja te tako sagledavaju mogućnosti za oblikovanje i provedbu istraživanja.

Treća etapa je usmjerena na studentska objašnjenja pri čemu se usredotočuje pozornost studenta na određeni aspekt vlastitog angažmana iz područja strojarskih tehnologija, a koja su oslonjena na iskustava stečena istraživanjem. Ova objašnjenja studentu pružaju mogućnosti za iskazivanje vlastitog razumijevanja sadržaja, kognitivnih vještina koja se odnose na proces i cjeloviti koncept strojarskih tehnologija. Ova etapa pruža mogućnost nastavniku za izravno uvođenje određenog koncepta, procesa ili vještine, pri čemu se od njega očekuje da sam demonstrira isto te da potom studenti iznose vlastita objašnjenja viđenog. Sve to ih, u konačnici, može odvesti do dubljeg razumijevanja sadržaja, što je kritični dio ove etape.

Četvrta etapa je izrada (proizvoda, tehnologije, prototipa i sl.) uz dodatno objašnjenje (elaboriranje) artefakata koje je student sam razvio. U ovoj etapi primarni cilj nastavnika je izazvati i proširiti konceptualno razumijevanje i vještine studenta tako da sami pokušaju izraditi neki proizvod, pri čemu odaberu tehnologiju koja im se najviše svidjela ili za koju pokazuju najveći osobni interes. Kroz takva nova iskustva studenti razvijaju dublje i opsežnije razumijevanje, primaju više informacija i razvijaju nove odgovarajuće vještine. Ako nemaju strojeve i alate u praktikumu koji im se nudi na fakultetu, mogu zajedno otići u industrijske tvrtke te u dogovoru s vlasnikom organizirati terenski, praktični rad. Osim toga izrada može uključivati i oblikovanje (dizajniranje) proizvoda, procesa ili tehnologije, koja ne iziskuje izravnu izradu proizvoda, ali traži iznimno visoku razinu razrade i elaboriranja takvih produkata. Na taj način studenti primjenjuju svoje konceptualno razumijevanje provodeći dodatne aktivnosti, stječu odgovarajuća proceduralna znanja i razvijaju spomenute anticipacijske kompetencije kako bi jednog dana zaista mogli obavljati inženjerske poslove.

Peta etapa je etapa ocjenjivanja, odnosno procjenjivanja. Ova etapa se ustvari odvija tijekom svih navedenih etapa, s primarnim ciljem da potakne studente na samoprocjenu vlastitog razumijevanja i sposobnosti. Nastavniku ujedno pruža mogućnost za procjenu napretka studenta, koji naravno trebaju biti usklađeni s ostvarivanjem postavljenih obrazovnih ciljeva, ali i unaprjeđivanju vlastitih vještina i nastave.

7. ZAKLJUČAK

Izneseni znanstveni dosezi i predočena iskustva u procesu visokog obrazovanja 5E model učenja i poučavanja predstavljaju kao okvir učenja koji se može učinkovito koristiti u poučavanju prirodnih znanosti i tehnike. Cilj suvremenih metoda i strategija učenja i poučavanja, pa tako i ovog modela, osnažiti studente za vlastitu inovativnost i samostalno izgrađivanje svojega znanje. Ujedno se želi potaknuti studenta na proširivanje opsega vlastitog znanja te ih se pokušava na razne načine zainteresirati kako bi se angažirali, istraživali, izrađivali proizvode te pritom iskazali inovativnost i spremnost da za realizaciju novih i vlastitih ideja koriste prethodno stečeno znanje. Ovaj model se stoga sastoji od pet etapa, a to su: angažirati (eng. *engage*), istražiti (eng. *explore*), objasniti (eng. *explain*), izrada i dodatno objašnjavanje učinjenog (eng. *elaboration*), te procjenjivanje (eng. *evaluation*) koje je prisutno tijekom cjelokupnog ciklusa.

Ukratko, u prvoj fazi angažiranja bitno je pobuditi interes učenika da se uključe u nastavnu temu i pritom koriste naučeno znanje. U drugoj fazi istraživanja je bitno da se svi aktiviraju, da im se da šansa da probaju sami shvatiti ono što ih se pokušava poučiti. U fazi objašnjavanja je bitno da se učenicima dopusti da komuniciraju o tome što su naučili i da shvate što to točno znači. U fazi izrade, dodatnog objašnjavanja, treba dopustiti učenicima da koriste novo naučeno i da nastave istraživati i koristiti novo znanje u novim i nepoznatim situacijama. U fazi ocjenjivanja je bitno da i nastavnik i učenici shvate koliko su dotad naučili i razumjeli te što se može učiniti da sljedeći put bude produktivnije.

Ovaj model je na vrlo efektivan način sažet u pet faza u kojoj je slijed aktivnosti vrlo dobro posložen. Počevši od pobuđivanja interesa učenika, zatim pokušavanja da sami shvate novo gradivo i povezuju ga s naučenim, potom primjene u novim situacijama te na kraju pokušaja da kroz ocjenjivanje shvate koliko su naučili i razumjeli. Ove metode poučavanja su idealne za obrazovanje inženjera. Iako je svaki učenik na svoj način različit od drugih, svatko od njih upija znanje na drugačiji način, nastavnik bi trebao tolerirati svačiji način i pokušati se prilagoditi načinom poučavanja za sve vrste učenika. Valjalo bi podijeliti različite zadatke, vidjeti tko je zainteresiran za koji te zatim ih grupirati, potom po grupama razvrstavati tko će koji zadatak odraditi, to jest, koji bi od zadataka najviše odgovarao kojem učeniku.

8. LITERATURA

1. Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., Lades, N., (2006.), The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications
2. Bybee, R.W., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., Lades, N., (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness
3. Bybee, R.W., (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills, The intersection of science education and the development of 21st century skills
4. Cha, J., Koo, B., (2011). Policy Brief, UNESCO Institute for Information Technologies in Education
5. Felder, R. M., Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles In Engineering Education, *Journal of Engeenering Education*, 78(7), (str.674-681.)
6. Houston, (2007). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills
7. Levy, Murnane, (2004). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills
8. Peterson, (1999). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills
9. Pulakos, Donovan, Plamondon, (2000). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills
10. Nasa, (2017). The 5E Instructional model, /online/., <https://nasaclips.arc.nasa.gov/teachertoolbox/the5e> (18.08.2017.)
11. Victoria State Government, The e5 Instructional Model, /online/., <http://www.education.vic.gov.au/school/teachers/support/Pages/e5.aspx> (25.08.2017.)

12. EduTechWiki, 5E Learning Cycle, /online/., http://edutechwiki.unige.ch/en/5e_Learning_cycle (31.08.2017.)
13. Wikipedija, /online/. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Inženjerstvo> (31.08.2017.)
14. Odsjek za politehniku Sveučilišta u Rijeci, /online/. <http://poli.uniri.hr/o-odsjeku.html> (1.09.2017.)
15. Bybee, R.W. (2009). The BSCS 5E Instructional Model: Personal Reflections and Contemporary Implications, /online/. http://static.nsta.org/files/sc1408_10.pdf (14.09.2017.)

